Ciencia e Ingeniería
Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías.
Año 2015, Julio-Diciembre, Vol. (2) N° (2) ISSN 2389-9484.
Universidad de La Guajira, Facultades de Ciencias Básicas y Aplicadas e Ingeniería.
La Guajira-Colombia.
Revista en Línea http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei

MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO MEDIANTE EL USO DE SIMMECHANICS DE MATLAB

MODELING AND SIMULATION OF A ROBOTIC MANIPULATOR TROUGH THE USE OF SIMECHANICS OF MATLAB

Sergio Velásquez, Jesús Luces y Ronny Velásquez

Centro de Investigación de las Redes Neuronales y la Robótica CIRNAR-UNEXPO, Ciudad Guayana, Bolívar 8050 Venezuela: sergiovelasquezg@gmail.com

Recibido: Octubre 13 de 2014 Aceptado: julio 20 de 2015

RESUMEN

El siguiente artículo se estudiara a detalle la realización del proceso de modelado de un manipulador robótico en configuración antropomórfica con tres articulaciones de revolución o revolutas, correspondientes a tres grados de libertad «3DoF», está vez partiendo de una posición especifica del manipulador y su ubicación en el plano. Desde este punto entonces, el modelo será desarrollado mediante el uso de software, específicamente Matlab, en su entorno simulink haciendo uso de la librería de modelado físico simscape, ramal SimMechanics «primera generación». En este programa, se podrá ilustrar el manipulador previamente citado en una secuencia de bloques, en donde es posible añadírsele: leyes naturales como el vector de gravedad, elementos actuadores como motores que generan torque en las articulaciones, elementos sensores como multímetros para poder registrar la velocidad angular, posición y aceleración angular de las articulación que se deseen monitorear y además la posibilidad de realizar un control mediante bloque PID

Palabras Clave: Matlab, simulink, simscape, simechanics, modelado, manipuladores, antropomórfico, grados de libertad.

ABSTRACT

In this article we studied to detail the realization of the process of modeling about a robotic manipulator in anthropomorphic configuration with three revolute or revolution articulations, for to three degrees of freedom «3DoF», this time was starting of the one specific position of the manipulator and its location in the plane. From that point then, the model was developed through the use of software, specifically Matlab, in its environment simulink to make use of the library about physical modeling simscape, branch simechanics «first generation». In this program, it's possible illustrate previously cited manipulator in a sequence of blocks, in where is possible add; nature laws like the gravity vector, actuators like motors that generates torque in the articulations, sensors as scopes for to register the angular velocity, position and angular acceleration of the articulations that want be monitored and also the possibility of realizing a control through PID block.

Keywords: MATLAB, Simulink, Simscape, simechanics, modeling, manipulative, anthropomorphic, degrees of freedom

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de modelado robótico consiste en la caracterización del movimiento de las articulaciones de este, en ecuaciones ordinaras, diferenciales o integrales según sea la naturaleza del movimiento. Este proceso puede ser más o menos complejo dependiendo directamente del número de articulaciones y del tipo de análisis que se quiere lograr, sea cinemático o dinámico. Cuando el modelado que se quiere lograr es dinámico y el número de articulaciones es mayor o igual a tres, adquiere un nivel de dificultad que hace necesario entonces el uso del software.

Afortunadamente, cada día son más los programas y algoritmos computaciones que existen para poder realizar este tipo de análisis, donde solo es necesario un sencillo estudio analítico y procedimental conocido como “Algoritmo de Denavit-Hartenberg”, que ofrece finalmente una tabulación de datos primordial para iniciar el modelado.

Uno de los más populares programas entonces para el modelado robótico es Matlab, que ya sea con el uso de toolbox o de sus librerías de origen, en el entorno simulink es posible realizar la implementación de un esquema que emula manipuladores robóticos, donde es posible estudiar el movimiento, calcular controladores, entre otras. Simscape, es la librería multidomino para modelados físicos, siendo entonces el ramal de SimMechanics el que especializada en manipuladores robóticos y de cual se estudiar más a fondo en el desarrollo del artículo.

El presente paper, está estructurado de la siguiente manera: en la sección II se presenta todo el desarrollo de la investigación: el punto de partida del modelado desde el algoritmo D-H hasta la configuración bloque a bloque en el entorno de simulink. En la sección III se presentan los resultados y discusión del funcionamiento. En la sección IV se presentan las conclusiones y finalmente, en la sección V las Referencias Bibliográficas.

II. DESARROLLO

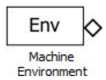
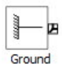
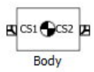
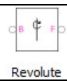
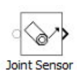
Para iniciar el proceso de modelado, primeramente haremos una descripción escrita, del manipulador para tener clara su estructura física.

Análisis del Sistema

Comenzando por la base fija que contiene una articulación revoluta, a la que llamaremos «hombro». Al hombro entonces, le sigue un eslabón al que se llamara «antebrazo» y que contiene otra articulación revoluta que será el «codo». Al codo le sigue el siguiente elemento «brazo» y que contiene entonces la última articulación «muñeca». La muñeca une al brazo con el efector final que será establecido entonces como la «mano». Estas convenciones establecidas emulan la estructura de un brazo humano (Granados y col, 2013).

Ahora bien, para comenzar el proceso de colocación en simulink, vamos a estudiar los bloques de SimMechanics, que nos permitirán armar el sistema anteriormente descrito, Tabla 1.

Tabla 1. Bloques necesarios de SimMechanics

Bloque	**Descripción**
 Entorno	Este bloque introduce en nuestros esquemas el efecto de medio ambiente, tales como la gravedad (Jaramillo, 2010).
 Tierra	Este bloque representa un punto de tierra inmóvil en reposo en el sistema de referencia inercial mundial absoluta. También es un tipo de cuerpo, pero se puede conectar solo un punto de la tierra a alguna articulación (Jaramillo, 2010).
 Enlace	Un bloque de cuerpo, representa un cuerpo rígido con propiedades configurables. Entre lo que se puede configurar esta, la masa, momento de inercia, centro de gravedad, entre otros.
 Articulacion	El bloque revoluta, represe un grado de libertad rotacional, con eje de giro en un alguno de los ejes de coordenadas, entre dos cuerpos (Gallo, 2007).
 Actuador	Representa una fuerza que depende del tiempo, torque, o movimiento de entrada para una articulación. El bloque del actuador, acciona un bloque conjunto conectado entre dos cuerpos con una de estas señales: Fuerza por movimiento traslacional en caso de articulaciones prismáticas. Torque por movimiento rotacional alrededor en caso de una articulación de revolución (Ljung y Glad, 1994).
 Sensor	El bloque sensor mide la posición, velocidad y la aceleración de una articulación primitiva o un bloque de articulación. También mide la reacción de la fuerza y el torque y un par de articulación (Hunt *et al*,2001).

Caracterización en Bloques

Al haber analizado la descripción del sistema y los bloques necesarios para plasmarlo en el entorno simulink, finalmente queda de esta manera ver Figura 1 (Albites, 2010).

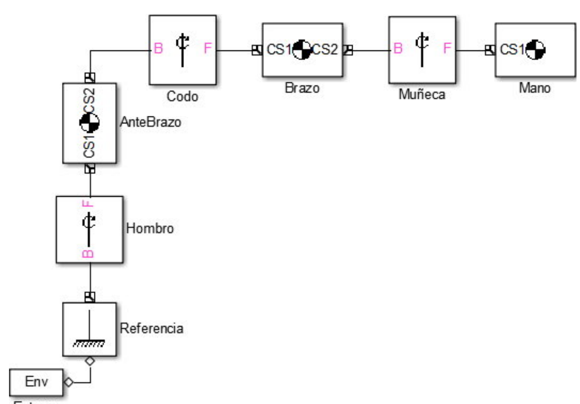


Figura 1. Manipulador Robótico expresado en bloques.

Ubicación Espacial

Lo siguiente será la configuración bloques al bloque del sistema anterior, para darle forma en el espacio. Para esto es necesario ubicarlo espacialmente, asumiendo una posición fija del manipulador, además de marcar las coordenadas de los puntos entremos y centros de gravedad de cada articulación en el plano ver Figura 2.

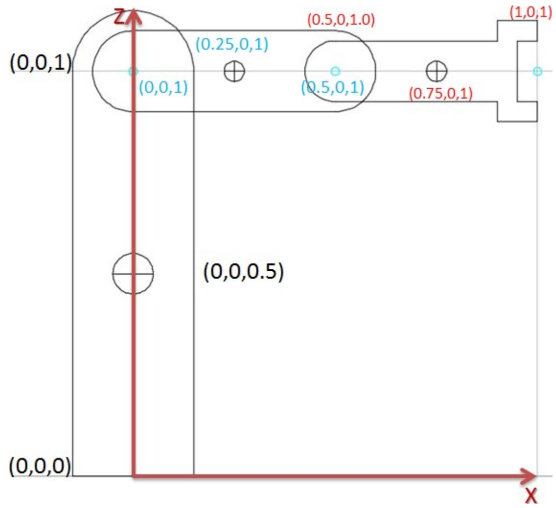


Figura 2. Ubicación Espacial

Configuración Bloque a bloque

Bloque Entorno:

Este bloque representa la influencia del medio ambiente en sistema, en este caso, este bloque servirá para introducir el efecto de la gravedad (Craig ,2006). El efecto de gravedad debe ser introducido como un vector. Figura 3.

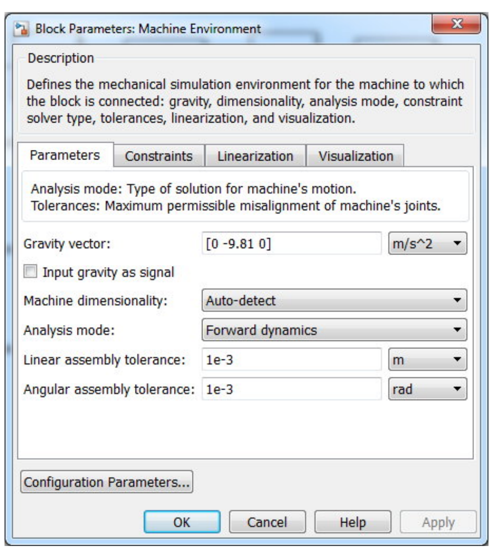


Figura 3. Configuración de Entorno

Bloque Referencia:

Este bloque corresponde al punto de referencia inicial, como un punto fijo en el suelo (López y Apostolovich, 2010). Es importante destacar el hecho de que, este primer punto de referencia debe actuar con la influencia del entorno y para hacer esto posible debe marcarse la opción «Show Machine Environment Port», Figura 4.

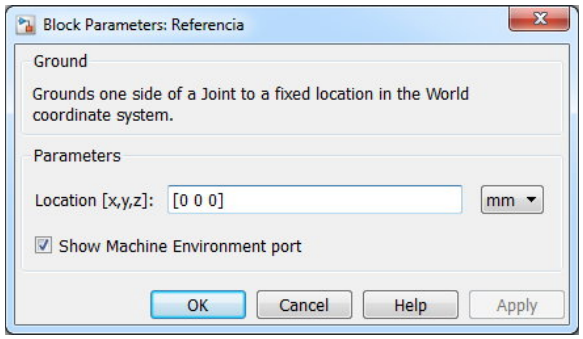


Figura 4. Configuración de Bloque Base

Bloque Hombro:

Este bloque representa la primera articulación. Para las articulaciones solo es necesario activar el eje de giro, introduciendo un vector en donde la componente del eje de giro sea el elemento unitario y los otros dos nulos (Barrientos y col, 2007).

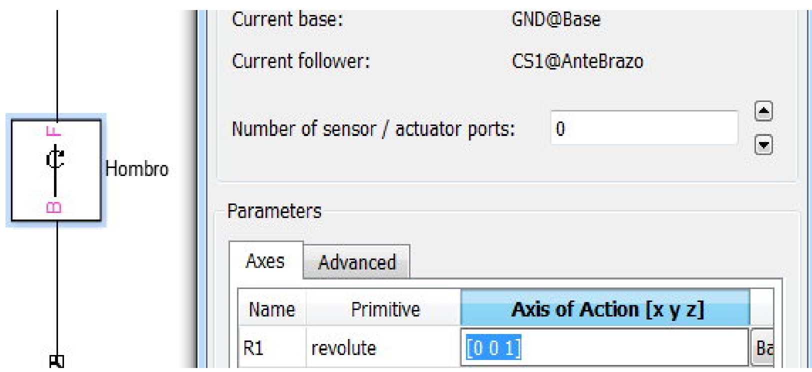


Figura 5. Configuración de Articulación Hombro

Bloque Antebrazo:

Este bloque corresponde al primer elemento móvil eslabón (Maldonado del Toro y col, 2011). En este bloque se puede configurar la masa del mismo y la inercia, también donde va a estar ubicada su planta CS1, su tope CS2 y el centro de Gravedad CG. Para este eslabón, se asumirá una longitud de 10 cm y este ubicado en el origen, Figura 6.

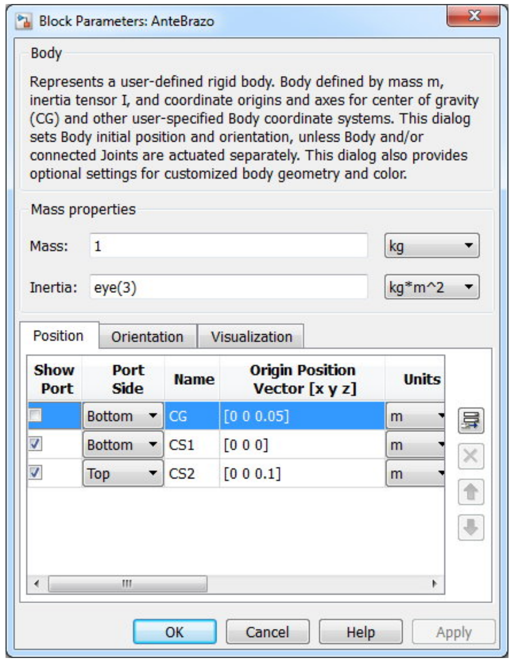


Figura 6. Configuración de Bloque antebrazo

Otra observación importante, es establecer en cada eslabón, como sistema de referencias, el mundo «World» (Pinto y col,2011), Figura 7.

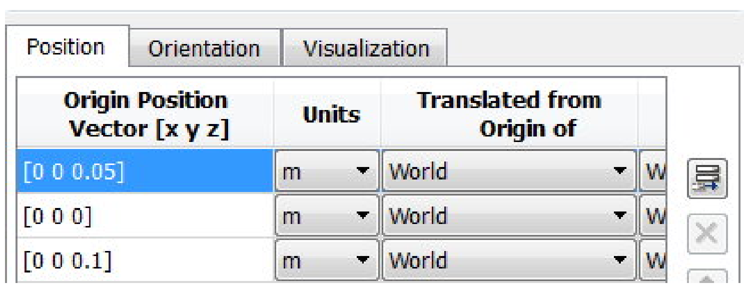


Figura 7. Fijación de referencias

Bloque Codo y Muñeca:

Estos bloques representan respectivamente las articulaciones θ_2 y θ_3 y se configuran exactamente con los mismos parámetros de configuración (Marchand y Holland , 2003). A diferencia de la primera articulación, su eje de giro es el eje Y, Figura 8.

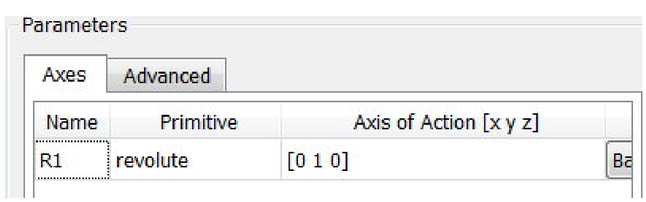
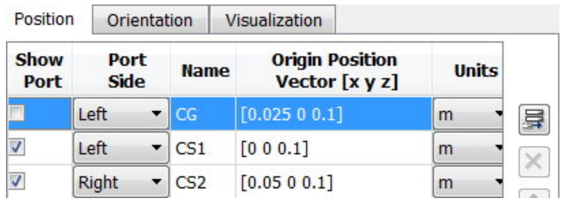


Figura 8. Eje de Articulaciones codo y muñeca

Bloque Brazo:

La posición inicial en la que se configurara el brazo es acostado a una altura de 10 cm, sostenido por el antebrazo. La dimensión de este se debe definir en el eje X, para el extremo derecho CS2, Figura 9.



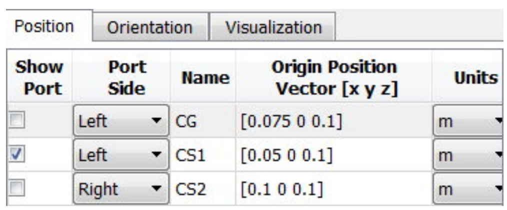
Position | Orientation | Visualization

Show Port	Port Side	Name	Origin Position Vector [x y z]	Units
☐	Left	CG	[0.025 0 0.1]	m
☑	Left	CS1	[0 0 0.1]	m
☑	Right	CS2	[0.05 0 0.1]	m

Figura 9. Configuración de Bloque Brazo

Bloque Mano:

El bloque mano, el cual representa al efector final, como no tiene ningún elemento conectado a su derecha, en la configuración se debe desmarcar este puerto y se configura en SimMechanics así, Figura 10.



Position | Orientation | Visualization

Show Port	Port Side	Name	Origin Position Vector [x y z]	Units
☐	Left	CG	[0.075 0 0.1]	m
☑	Left	CS1	[0.05 0 0.1]	m
☐	Right	CS2	[0.1 0 0.1]	m

Figura 10.Configuración de bloque mano.

De esta manera, ya nuestro manipulador robótico queda ubicado espacialmente en el entorno de simulink mediante los bloques de la librería simechanics. Ahora, con intención de añadir movimiento y observar sus resultados, se hacen necesario añadir dos bloques estudiando que aún no se habían usado, como lo son el actuador y el sensor (Marchand y Holland , 2003).

Sensores y Actuadores

Para añadir movimiento a las articulaciones del manipulador es necesario colocar actuadores, los cuales simbólicamente van a representar a los motores que permitirán a los eslabones adquirir las distintas posiciones en un rango que previamente se determinó (Luces,2015).

Recordando que, se tienen tres articulaciones de rotación conocidas como: hombro, codo y muñeca. Al darle doble clic a estos bloques, aparecerá la ventana de configuración del mismo, en donde se debe modificar la opción «Number of Sensor/actuador ports» incrementando en 2 (Kelly y Santibáñez,2003), un puerto para actuador y un puerto para sensor como en Figura 11.

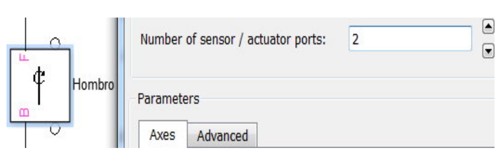


Figura 11.Puertos para actuadores y sensores

Configuración de Actuadores

Es conocido el hecho, que en este sistema manipulador, las tres articulaciones son de revolución, por lo tanto la fuerza que debe ejercer el actuador debe ser de movimiento y no una fuerza generalizada, que se utiliza en caso de articulaciones prismáticas (Romero ,2012). De esta manera, se debe modificar el parámetro «Actuate With» con la opción «Motion». En panel de configuración de los actuadores, también se seleccionan las unidades de ángulo o posición, velocidad angular y aceleración a conveniencia. Este proceso es análogo para todas las articulaciones, ver Figura 12 (Murray *et al.*1994).

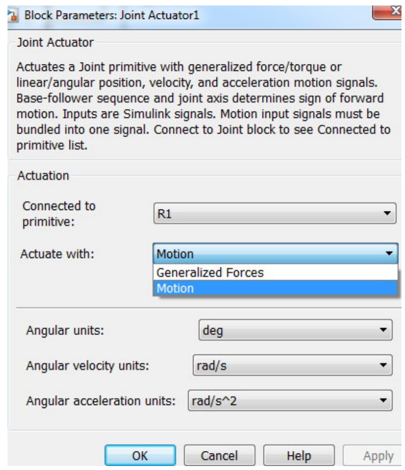


Figura 12.Configuración de Actuadores

El actuador con movimiento, requiere entonces tres señales distintas para cada variable: ángulo, velocidad angular y aceleración angular, las cuales deben ser colocados con ayuda de un bloque MUX. Asumiendo que la velocidad es constante, implica que la aceleración debe ser nula, y la posición será una secuencia fijada según los límites de cada articulación (Piñero y Velásquez , 2010).

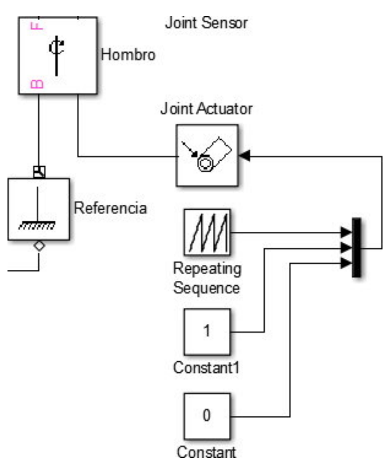


Figura 13.Etapa de Actuador de Articulacion

Respecto a las secuencias de las señales para cada articulación, se fijara un tiempo total $t = 15s$, en el que cada articulación podrá recorrer el rango por el cual está delimitada [19], viéndose las configuraciones de estas en ver: Figura 14, Figura 15 y Figura 16.

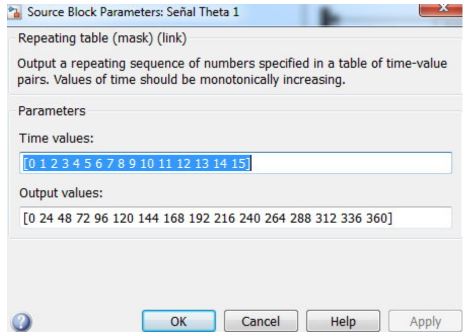


Figura 14. Secuencia de Control para θ_1

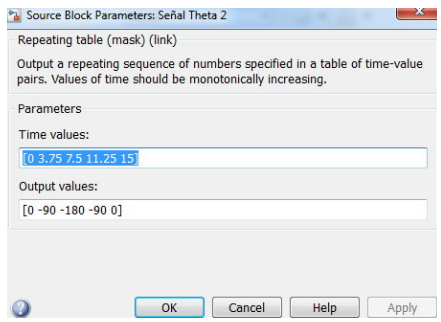


Figura 15. Secuencia de Control para θ_2

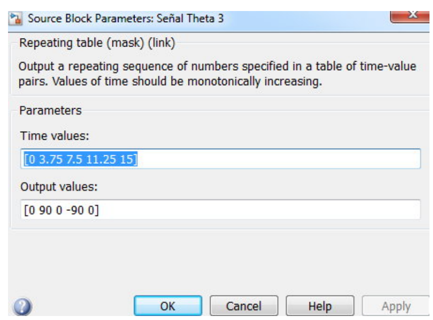


Figura 16. Secuencia de Control para θ_3

Configuración de Sensores

Para la configuración de los bloques sensores, se activan las variables que sean de interés conocer con sus respectivas unidades. Figura 17.

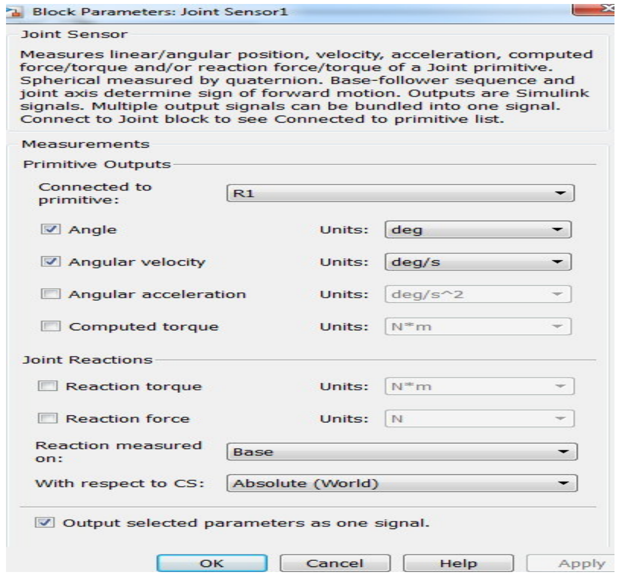


Figura 17.Configuración de Sensores

A la salida del sensor se coloca un elemento de visualización tal como el «Scope», para el monitoreo de los ángulos en este caso. Figura 18.

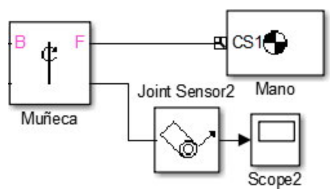


Figura 18.Etapa de medición de posición de Articulación

Configuración de Simulación

Antes de simular es importante la configuración de un par de parámetros como:

Tiempo de simulación

El tiempo de simulación, se establecerá de 15 segundos, en el cual será posible observar el desplazamiento completo de cada articulación [20]. Cabe destacar, que no hace falta añadir factor de aceleración al tiempo, ver Figura 19.

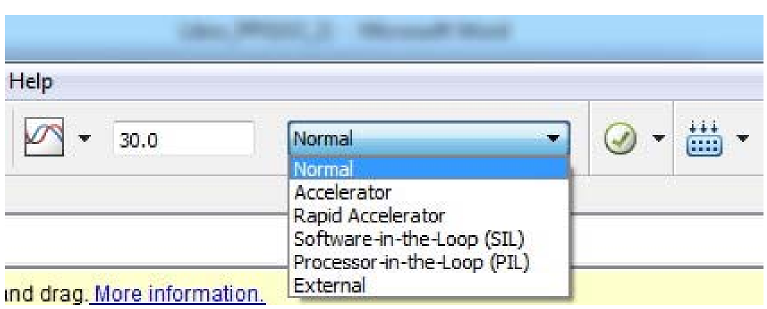


Figura 19.Tiempo de Simulación

Activación de Animación

Para poder observar el movimiento durante la simulación, es necesario marcar unas opciones accediendo a simulation → Model configuration Parameters y una vez allí en la pestaña SimMechanics 1G (Albites y col,2010), se seleccionan las casillas que se puede observar en la Figura 20.

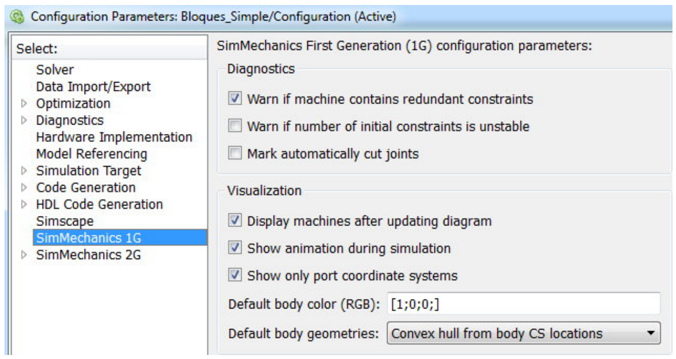


Figura 20.Otros parámetros de Simulación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas Individuales

En el apartado Luces (2015), es posible encontrar un conjunto de pruebas más extenso y desarrollado, en este artículo, vamos a revisar el funcionamiento mediante el grafico de posición en el tiempo. Para la realización de las pruebas individuales se anulas las velocidades de las demás articulaciones, dejando solo activa la que nos interesa probar.

Articulación θ_1

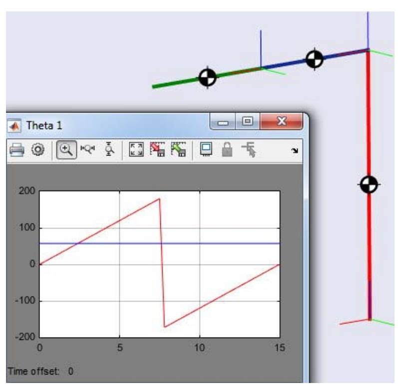


Figura 21.Gráfico de Posición θ_1

De acuerdo la Figura 21, se puede apreciar que el eslabón 1 vuelve a su posición original, como fue diseñado haciendo un recorrido de 0 a 2π. Es decir, La articulación en cuestión tiene total libertad de movimiento haciendo una revolución completa en un tiempo de 15 segundos, como se puede apreciar en el gráfico de posición.

Articulación θ_2

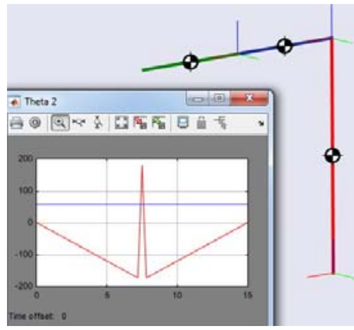


Figura 22. Gráfico de Posición θ_2

De acuerdo a la Figura 22, la segunda articulación tiene un desplazamiento de 0 a π, lo que corresponde a media revolución. En la mitad del tiempo esta articulación, completa la el recorrido y en la mitad restante se posiciona nuevamente en su posición original.

Articulación θ_3

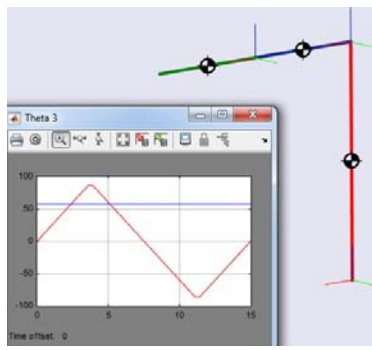


Figura 23. Gráfico de Posición θ_3

De acuerdo a la Figura 23, se puede ver el rango de trabajo de la articulación es de $\frac{\pi}{2}$ a $\frac{3}{2}\pi$ o lo mismo que $\frac{\pi}{2}$ a -$\frac{\pi}{2}\pi$, completando media revolución, en la mitad del tiempo y en la otra mitad, se devuelve a su posición original.

Pruebas del Sistema completo

Ahora que se han probado una por una, en la siguiente fase de la prueba funcionaran todas las articulaciones simultáneamente.

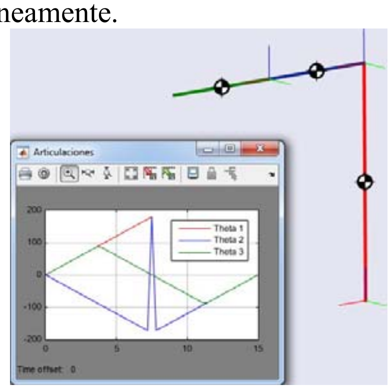


Figura 24. Gráfico de Posición del sistema completo

Esta prueba da fidelidad de la coherencia mecánica que deben tener las piezas para no colisionar durante alguno de los ángulos de acción de las articulaciones.

IV. CONCLUSIONES

Existen variados software que permiten la realización de un modelado robótico.
El proceso de modelado robótico es el punto de inicio para un proceso más extenso e importante como lo es el diseño completo de un robot, de manera que, a través del modelado se estudian a detalle el funcionamiento de las articulaciones y sus posibilidades de movimiento, que van a depender de la necesidad de la actividad que se requiera realizar.

Los brazos robóticos, están basados idealmente en el funcionamiento de los brazos humanos, con la posibilidad de poder agregar, mayor fortaleza y robustez para la realización de diversas acciones.
Es importante propulsar el desarrollo robótico, ya que esta rama de la tecnología es de gran importancia especialmente en los procesos industriales, donde es requerido el trabajo pesado, y una precisión y exactitud sobrehumana.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguirre Gil I., C. César y L. Andueza, 2009Sistema manipulador antropomórfico de tres, Madrid.

Albites J., M. Rimachi y J. Paucar, 2010.«Diseño y Análisis de Controladores para un robot de 3GDL con capacidad de dibujo»

Barrientos A., L. Peñin y R. Aracil, 2007. Fundamentos de Robotica, Madrid: McGraw.

Craig J. J., 2006. Introducción a la Robótica, México: Pearson.

Gallo E., 2007. El Misterio tras los Inventos, Barcelona: Ediciones Robinbook.

Granado Ángel, Elías Azócar y Sergio Velásquez., 2013. «Modelado No Lineal De Un Brazo Hidráulico De Dos Pistones,» *XI Jornadas de Investigación UNEXPO 2013,* 05-07 06.

Hunt B. R., R. L. Lipsman y J. M. Rosenberg, 2001. A Guide to MATLAB for Beginners and Experienced Users, New York: Cambridge University Press.

Jaramillo Rojas D. A., 2010. Modelo Simulación y Control de un Brazo Robotico Mediante Matlab y Simulink para Soldadura de Arco, Quito.

K. S. Fu, R. C. Gonzalez y C. S. Lee, Robotica: Control, detencción, visión e inteligencia, México: McGraw - Hill.

Kelly R. y V. Santibáñez, 2003. Control de Movimiento de Robots Manipuladores, Pearson - Prentice Hall.

López L. F. Apostolovich, 2010. Modelación y Simulación dinámica de un brazo robótico de 4 Grados de libertad para tareas sobre un plano Horizontal, Lima,

Ljung L. y T. Glad, 1994. Modeling of Dynamic Systems, New Jersey: Prentice Hall.

Luces Gil J. E, 2015.«Modelado y simulación de un brazo robot con 3dof y control usando Matlab.,» Puerto Ordaz.

Maldonado del Toro H. M., R. Silva Ortigoza, E. R. Ramos Silvestre, V. M. - Hernández Guzman y J. C. Rivera Díaz, 2011. Modelado y Simulación de un Robot rígido de dos grados de Libertad., México DF.

Marchand P. y T. Holland , 2003. Graphics and GUIs with Matlab, Chapman & Hall/CRC.

Martínez Castellano D. A., 2012. Diseño y Construcción de Prototipo de Robot Scara 3Dof, Bucaramanga.

Murray R. M., Z. Li y S. Shankar Sastry, 1994. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation, CRC Press.

Pinto Bermúdez E. y F. Matía Espada, 2010. Fundamentos de Control con Matlab, Madrid: Pearson.

Piñero J. y S. Velásquez , 2010. «Control de Brazo Robotico,» *Memorias de las IX Jornadas de Investigación - UNEXPO Puerto Ordaz.*

Romero Costas M., 2012. «Robótica, Entrá al mundo de la inteligencia artificial,» *+Conectados,* pp. 6-10.